



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 165 476** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **C 23 C 16/24, 16/50**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99116437/02, 27.07.1999

(24) Дата начала действия патента: 27.07.1999

(46) Дата публикации: 20.04.2001

(56) Ссылки: JP 57-42523 A, 10.03.1982. JP 59-136475 A, 06.08.1984. WO 99/28528 A1, 10.06.1999. EP 0143701 A1, 05.06.1985. EP 0488112 A1, 03.06.1992. EP 0861148 A1, 15.10.1997. RU 2061281 C1, 27.05.1996. SU 1400464 A1, 20.07.1999.

(98) Адрес для переписки:  
644077, г.Омск-77, пр-кт Мира 55А, Омский  
государственный университет, патентная  
служба

(71) Заявитель:  
Омский государственный университет

(72) Изобретатель: Струнин В.И.,  
Баранова Л.В., Худайбергенов Г.Ж.

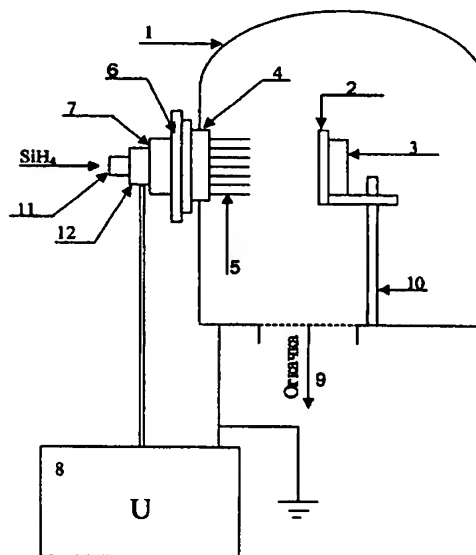
(73) Патентообладатель:  
Омский государственный университет

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПЛЕНОК АМОРФНОГО КРЕМНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57)

Изобретение относится к технологии получения пленок аморфного кремния и может быть использовано в современной оптоэлектронике и интегральной оптике для создания тонкопленочных солнечных элементов и транзисторных матриц большой площади для жидкокристаллических дисплеев. Сущность изобретения заключается в том, что в способе нанесения пленки аморфного кремния путем осаждения на нагретую подложку в процессе разложения силаносодержащих газовых смесей разложение газовой смеси осуществляют в коронном разряде, возбуждаемом в вакуумной камере на концах полых иголок матричного игольчатого электрода, через которые силаносодержащую смесь подают в камеру. Устройство для осуществления способа содержит вакуумную камеру с системой подачи активного газа и вытяжки продуктов реакции, размещенную в камере подложку и электродный блок с электродами игольчатой формы, выполненной в форме матрицы, установленной в стенке вакуумной камеры, причем последняя играет роль второго электрода. Electrodes выполнены полыми. Изобретение направлено на упрощение технологии получения пленок аморфного кремния и повышение производительности при применении в массовом производстве за

счет возможности нанесения пленки, однородной по толщине, плотности и составу на неограниченно большие площади. 2 с. и 6 з.п.ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 165 476** <sup>(13)</sup> **C2**  
 (51) Int. Cl. <sup>7</sup> **C 23 C 16/24, 16/50**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99116437/02, 27.07.1999

(24) Effective date for property rights: 27.07.1999

(46) Date of publication: 20.04.2001

(98) Mail address:  
 644077, g.Omsk-77, pr-kt Mira 55A, Omskij  
 gosudarstvennyj universitet, patentnaja sluzhba

(71) Applicant:  
 Omskij gosudarstvennyj universitet

(72) Inventor: Strunin V.I.,  
 Baranova L.V., Khudajbergenov G.Zh.

(73) Proprietor:  
 Omskij gosudarstvennyj universitet

(54) **METHOD OF DEPOSITION OF AMORPHOUS SILICON FILMS AND DEVICE FOR ITS EMBODIMENT**

(57) Abstract:

FIELD: technology of production of amorphous silicon films; applicable in modern optoelectronics and integrated optics for production of thin-film solar cells and transistor matrixes of large areas for liquid-crystal displays. SUBSTANCE: method of application of amorphous silicon film by deposition on hot substrate in process of decomposition of silane-containing gas mixture, decomposition of gas mixture is carried out in corona discharge initiated in vacuum chamber at ends of hollow needles of matrix needle electrode through which silane-containing mixture is supplied to chamber. Device for claimed method embodiment has vacuum chamber with system of active gas supply and withdrawal of reaction products, substrate located in vacuum chamber and electrode block with needle electrodes. The latter is made in the form of matrix installed in vacuum chamber wall which is used as the second electrode. Electrodes are hollow. EFFECT: simplified technology of production of films of amorphous silicon, higher productivity in mass production due to deposition of film uniform in thickness, density and

composition on areas of unlimited sizes. 3 dwg, 1 ex

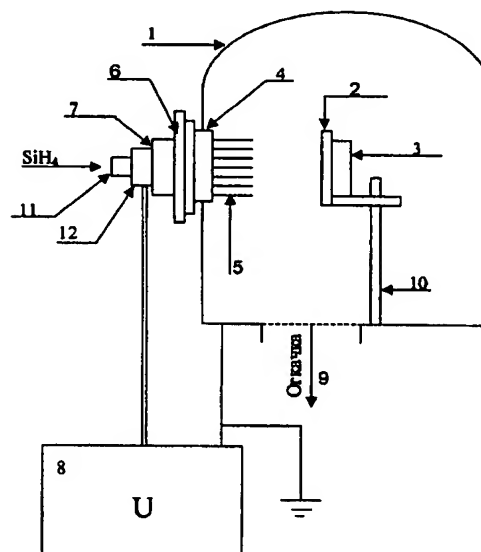


Fig. 1

Изобретение относится к технологии получения пленок аморфного кремния и может быть использовано в современной оптоэлектронике и интегральной оптике для создания тонкопленочных солнечных элементов и транзисторных матриц большой площади для жидкокристаллических дисплеев.

Известен способ осаждения пленок аморфного кремния [1], который заключается в том, что из источника в вакуумную камеру через звуковое или сверхзвуковое сопло подают кремнийсодержащий газ под давлением  $0,1 \cdot 10^{-5}$  Тор. Поток газа подвергается активации путем пропускания через электронно-пучковую плазму, а формирование пленки осуществляется на подложке, расположенной в потоке газа.

Недостатком этого способа является техническая сложность получения сверхзвуковых струй и ограниченные площади напыления.

В известных способах нанесения пленок аморфного кремния путем разложения кремнийсодержащего газа и осаждения продуктов реакции на нагретую подложку (см. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), для разложения газовой смеси преимущественно используется тлеющий разряд.

Наиболее близким к заявленному способу является способ осаждения аморфного кремния [2]. В данном способе газообразный моносилан вводят в вакуумную камеру, прикладывают электрическое поле и индуцируют тлеющий разряд, в условиях которого разлагают рабочий газ и осаждают пленку на поверхность подложки. Процесс проводится при парциальном давлении моносилана  $0,2 \cdot 1$  мм рт.ст., температура подложки  $250-450^\circ\text{C}$ . Скорость осаждения кремния с образованием аморфной пленки  $\geq 20$  Å/с. Продукты реакции осаждаются не только на подложку, но и на стенки камеры, поскольку зона разряда ничем не ограничена, что приводит к неоправданно высокому расходу газа. Это и является основным недостатком данного способа.

Наиболее близким к заявленному устройству является установка для нанесения пленки покрытия осаждением из ионизированного газа [3]. Установка имеет устройство закрытого типа, в котором поддерживают пониженное давление. Электродный блок, установленный со стороны подачи активного газа имеет множество электродов игольчатой формы, между которыми расположена не соединенная с ними электрически сетка из электропроводного материала. Тлеющий разряд зажигается между иглами и сеткой, находящимися по обе стороны от подложек, расположенных параллельно игольчатым электродам. Газ поступает в камеру и проходит сквозь сетку, где между иглами и сеткой зажигают тлеющий разряд, продукты реакции осаждаются на подложках, на которых поддерживается высокая температура.

Недостатком этого устройства является неэффективный расход газа, так как пленка осаждается не только на подложках, но и на стенках камеры, а также сложность получения однородной по толщине пленки, так как часть подложки, находящаяся ближе к зоне разряда, будет иметь более быстрый рост пленки, чем более удаленные участки.

Задачей настоящего изобретения является

создание способа и устройства получения пленок аморфного кремния, обеспечивающих упрощение технологии получения пленок аморфного кремния и повышение производительности при применении в массовом производстве за счет возможности нанесения пленки, однородной по толщине, плотности и составу на неограниченно большие площади.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе нанесения пленки аморфного кремния путем ее осаждения на подложку в процессе разложения силаносодержащих газовых смесей при пониженном давлении разложение газовой смеси производят в коронном разряде, возбуждаемом в вакуумной камере на концах полых иглол матричного электрода, через которые силаносодержащую смесь подают в камеру. При этом используют смесь состава  $4,8\% \text{ SiH}_4 - 4,8 \text{ мас.}\%, \text{ Ar} - 95,2 \text{ мас.}\%$  и следующие параметры процесса: ток разряда  $10-15$  мА, температура подложки  $250-450^\circ\text{C}$ , давление в камере от  $10^{-1}$  до  $10$  мм рт.ст.; причем подачу силаносодержащей газовой смеси осуществляют через полые иглы игольчатых электродов, за счет этого газ попадает непосредственно в зону разряда, где происходит разложение, что приводит к более эффективному использованию газовой смеси. Пленку наносят на стеклянную подложку. Размеры подложки должны немного превышать размеры матрицы игольчатых электродов. Площадь поверхности, на которую может наноситься пленка, ограничивается только размерами вакуумной камеры. Авторами найдены оптимальные режимы, позволяющие получить пленку аморфного кремния высокого качества. Преимущества коронного разряда перед тлеющим состоят в том, что коронный разряд горит при давлении большем, чем тлеющий разряд, и поэтому плотность радикалов в плазме такого разряда выше, за счет этого повышается скорость нанесения пленки и плотность пленки. Кроме того, неравновесность коронного разряда выше, чем тлеющего, средние энергии электронов в плазме тлеющего разряда имеют значения  $\sim 2$  эВ, а в плазме коронного разряда средняя энергия электронов составляет  $\sim 3-5$  эВ, что также способствует более быстрому развалу молекул кремнийсодержащего газа.

Указанный технический результат достигается также тем, что в устройстве для нанесения пленки аморфного кремния, содержащем вакуумную камеру с системой подачи активного газа и вытяжки продуктов реакции, размещенную в камере подложку и электродный блок с электродами игольчатой формы, электродный блок выполнен в виде матрицы с игольчатыми электродами, установленной в стенке вакуумной камеры, причем последняя выполняет роль второго электрода. Система подачи активного газа выполнена в виде форкамеры, роль одной стенки которой выполняет матрица с укрепленными в ней полыми игольчатыми электродами, служащими одновременно и для подачи активного газа в камеру, причем форкамера имеет проводящую оболочку для подачи напряжения на игольчатые электроды матрицы и изолирована от стенок вакуумной камеры. Электроды расположены на матрице на одинаковом расстоянии друг от друга.

Подложка выполнена из стекла и расположена на расстоянии 50-100 мм от острия игольчатых электродов.

Проведенный поиск по источникам патентной и другой научно-технической литературы показал, что получение пленок аморфного кремния в плазме коронного разряда с помощью электродного блока в виде матрицы с полыми игольчатыми электродами, одновременно служащими для подачи газа, не используется.

Способ нанесения пленок аморфного кремния и устройство для его осуществления поясняются чертежами, где на фигуре 1 изображен общий вид устройства, на фигуре 2 - фронтальный вид электродного блока, на фигуре 3 - вид основного узла устройства в профиль (в разрезе).

Устройство для нанесения пленки аморфного кремния содержит вакуумную камеру 1, в которой расположена подложка 2, нагреваемая омическим нагревателем 3 с термопарой для контроля температуры. Для создания разряда во фланец боковой поверхности камеры 1 встроены электродный блок 4 в виде игольчатых электродов 5, укрепленных в матрице, выполненной в форме круга. Матрица изолирована от стенок камеры 1, являющихся вторым электродом, с помощью фторпластового изолятора 6. Матрица установлена в форкамере 7, служащей для подачи газа. Газ в камеру 1 поступает сквозь полые иглолки 5, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга. Подложка 2 расположена на расстоянии 50-100 мм от острия игольчатых электродов 5 матрицы. Напряжение от источника питания 8 подается через проводящую оболочку 12 форкамеры 7 на электродный блок 4 с иглолками 5. Напряжение на стенки камеры 1 подается от источника питания 8 через штатную клемму. В камере 1 имеется система откачки 9 для удаления из камеры 1 отработанного газа и поддержания низкого давления. Подложка 2 укреплена на держателе 10, укрепленном на штативе стола рабочего объема. Газ поступает из натекателя через штуцер 11.

Способ нанесения пленки аморфного кремния осуществляется следующим образом. Подготовленные стеклянные подложки 2 помещают в вакуумную камеру 1 и откачивают камеру до остаточного давления  $10^{-4}$  мм рт.ст., после чего напускают аргон и понижают давление до  $10^{-2}$  -  $10$  мм рт.ст., при котором кремнийсодержащий газ попадает в форкамеру 7 устройства и через иглолки 5 матрицы свободно истекает в камеру 1. Затем возбуждается коронный разряд между иглолками 5 и стенками камеры 1. Ток разряда составляет 10 - 15 мА. Эти параметры были выбраны из условий "горения" коронного разряда. При увеличении давления и тока происходит разрушение игольчатых электродов 5 вследствие ионной бомбардировки. Под действием коронного разряда происходит разложение газа на свободные радикалы, которые попадают на подложку 2, температура которой составляет 250-450°C. После прекращения подачи газа камера 1 откачивается до давления  $10^{-4}$  мм рт.ст. и охлаждается до комнатной температуры. Процесс формирования покрытия происходит со скоростью 3-5 мкм/ч.

Пример 1. Пленки аморфного кремния

получают в рабочей области вакуумного универсального поста ВУП-5М, в стенку которого вставлена матрица игольчатых электродов 5, иглолки которой направлены на подложку 2, находящуюся на расстоянии 70 мм. Подложка 2 нагревается омическим нагревателем до 300°C. Иголки 5, выполненные из нержавеющей стали, диаметром 1 мм в количестве 13 штук, расположены на поверхности диаметром 60 мм. Расстояние между иглолками 10 мм.

Камеру откачивают до  $10^{-3}$  мм рт.ст. насосами Н-160/700, входящими в состав ВУП-5М. Иницируют тлеющий разряд для очистки камеры. По окончании процесса травления реакционную камеру снова откачивают до давления  $10^{-4}$  мм рт.ст. и с помощью штатного натекателя в камеру вводят газовую смесь состава 4,8% SiH<sub>4</sub> +95,2% Ar. Давление измеряют вакууметром ПМТ-2. При указанных условиях (давление, температура) на игольчатые электроды 5 подают мощность 100 Вт и зажигают коронный разряд. Слой аморфного кремния наносят в течение 60 минут. Скорость нанесения 3-5 мкм/ч. Полученное покрытие анализировалось на дифрактометре ДРОН-5М. Анализ показал отсутствие отражения от кристаллографических плоскостей. Это свидетельствует о том, что структура данных пленок некристаллическая. Существование однородного фона говорит о том, что данная структура имеет ближний порядок, то есть является аморфной. Для точного определения структуры пленки по спектру поглощения было найдено значение ширины запрещенной зоны. Для регистрации спектра пропускания использовался стандартный спектрофотометр СФ-20М с автоматическим регулируемой шириной щели. Искомое значение ширины запрещенной зоны  $E_g = 1,7$  эВ. Согласно литературным данным оно соответствует значению ширины запрещенной зоны аморфного кремния.

Источники, принятые во внимание

1. Патент РФ 2100477, МПК 6 C 23 C 16/24, 16/50.
2. Заявка Японии N 63-32863, МПК 4 C 23 C 16/24.
3. Заявка Японии N 61-51631, МПК 4 C 23 C 16/50.
4. Заявка Японии N 6044552 B4, МПК H 01 L 21/205.
5. Заявка Японии N 6091010 B4, МПК 5 H 01 L 21/205.
6. Заявка Японии N 5056648 B4, МПК H 01 L 21/205/10.
7. Заявка Японии N 5073250 B4, МПК H 01 L 21/205.
8. Заявка Японии N 2-27824, МПК 5 H 01 L 31/04, 21/205, 21/324.
9. Заявка Японии N 1-42125, МПК 4 H 01 L 21/205, 31/04.
10. Заявка Японии N 6082623 B4, МПК 5 H 01 L 21/205.
11. Заявка Японии N 5068097, МПК H 01 L 21/205 (10).

#### Формула изобретения:

1. Способ нанесения пленок аморфного кремния путем осаждения на нагретую подложку в процессе разложения силаносодержащих газовых смесей, отличающийся тем, что разложение газовой смеси осуществляют в коронном разряде,

возбуждаемом в вакуумной камере на концах иголок матричного игольчатого электрода.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что нанесение пленки аморфного кремния осуществляют при токе разряда 10 - 15 мА, температуре подложки 250 - 450°C и давлении в камере от  $10^{-1}$  - 10 мм рт. ст.

3. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что силаносодержащий газ подают в камеру через полые иглы игольчатого электрода.

4. Способ по пп.1 - 3, отличающийся тем, что пленку аморфного кремния наносят на стеклянную подложку.

5. Устройство для нанесения пленок аморфного кремния, содержащее вакуумную камеру с системой подачи активного газа и вытяжки продуктов реакции, размещенную в камере подложку и электродный блок с электродами игольчатой формы, отличающееся тем, что электродный блок выполнен в виде матрицы с игольчатыми электродами, установленной в стенке

вакуумной камеры, причем последняя одновременно выполняет роль второго электрода.

5 6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что система подачи активного газа выполнена в виде форкамеры, роль одной стенки которой выполняет матрица с укрепленными в ней полыми игольчатыми электродами, служащими одновременно и для подачи реактивного газа в камеру, причем стенки форкамеры имеют проводящую оболочку для подачи напряжения на игольчатые электроды матрицы и изолированы от стенок вакуумной камеры.

10 7. Устройство по пп.5 и 6, отличающееся тем, что игольчатые электроды расположены на матрице на одинаковом расстоянии друг от друга.

15 8. Устройство по п.7, отличающееся тем, что подложка расположена на расстоянии 50 - 100 мм от острия игольчатых электродов и выполнена из стекла.

20

25

30

35

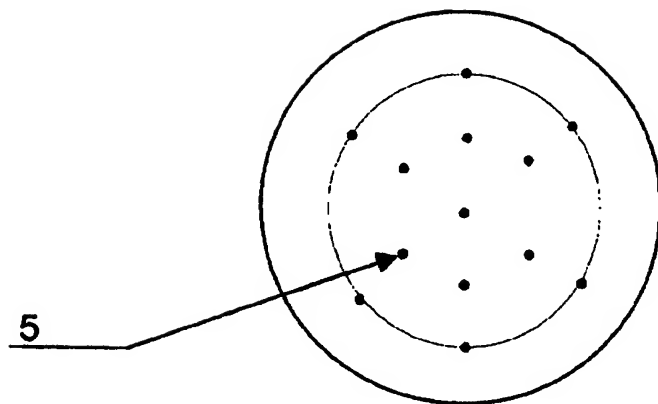
40

45

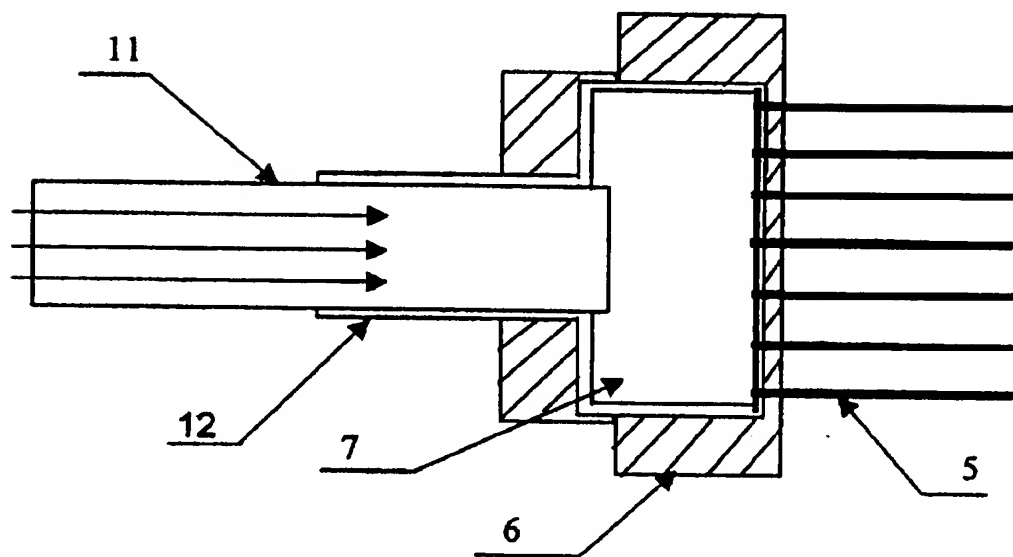
50

55

60



Фиг. 2



Фиг.3